

# Penerapan Metode *State Chart* pada Sistem Kendali *Autopilot* Kapal Laut dengan Jalur *Virtual*

**Rian Rahmanda Putra**

Jurusan Sistem Komputer,  
Universitas Indo Global Mandiri  
Palembang, Indonesia  
Email :  
rian@uigm.ac.id

**Husnawati**

Jurusan Sistem Komputer,  
Universitas Indo Global Mandiri  
Palembang, Indonesia  
Email :  
uthy.51291@gmail.com

**Rossi Passarella**

Jurusan Sistem Komputer,  
Universitas Sriwijaya  
Palembang, Indonesia  
Email :  
passarella.rossi@gmail.com

**Abstract**—Indonesia merupakan wilayah maritim yang luas perairannya lebih besar dibandingkan dengan luas daratan, oleh karena itu banyak digunakan transportasi laut sebagai pengiriman barang dan penyebrangan antar pulau dengan menggunakan alat transportasi yang berupa kapal. Banyak kecelakaan yang terjadi pada kapal laut disebabkan oleh sistem navigasi dari kapal yang masih manual. Pada penelitian ini akan dirancang sebuah sistem kendali autopilot pada kapal laut dengan menggunakan metode *state chart*. Pengujian kapal dilakukan pada jalur *virtual* yang selanjutnya dapat dipantau melalui PC, sehingga sistem pengendalian kapal dapat berjalan secara otomatis. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan bahwa sistem navigasi *virtual* pada kapal dengan menggunakan metode *state chart* dapat bekerja dengan baik pada jalur percobaan yang diberikan, hal ini ditunjukkan dengan tingkat akurasi sebesar 81.14%.

**Keywords**—Sistem Kendali, Autopilot, Kapal, State Chart, Virtual Line

## I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan Negara kepulauan yang wilayahnya terdiri atas daratan dan perairan dengan perbandingan 1:3. Hampir 70% wilayah Indonesia di penuhi oleh wilayah kelautan [1]. Wilayah kelautan Indonesia sendiri termasuk pada kawasan lalu lintas yang padat dikarenakan letaknya yang strategis. Lalu lintas perairan yang padat berpotensi menimbulkan terjadinya kecelakaan.

Sejak dahulu pengendalian kapal dilakukan secara manual. Berdasarkan database dari Komisi Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) menyebutkan bahwa 41% kecelakaan kapal disebabkan karena faktor kesalahan manusia [2]. Navigasi kapal atau arah tujuan kapal dilakukan dengan melihat posisi benda – benda langit seperti matahari dan bintang. Pada saat ini sistem navigasi kapal telah menggunakan peralatan modern seperti *global positioning system* (GPS), kompas, dan jaringan

internet serta visualisasi peta digital yang akan dihubungkan dari kapal ke *server* yang ada di darat sehingga kapal dapat dikontrol dan dimonitoring dari jarak yang sangat jauh [3].

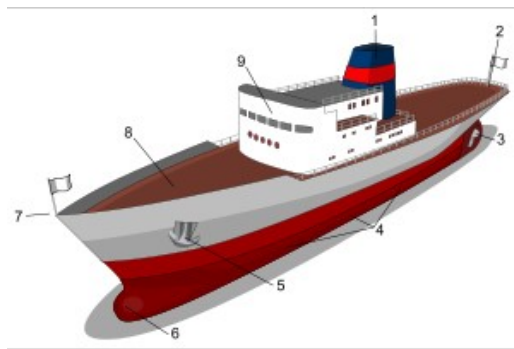
Saat ini, telah banyak penelitian yang dikembangkan dalam hal otomatisasi dengan menggunakan mikrokontroler yang banyak diterapkan pada sistem navigasi *mobile* objek [4][5]. Sudah merupakan cita-cita banyak ilmuwan untuk dapat membuat objek yang menyerupai salah satu kemampuan manusia. Manusia dapat bernavigasi dengan hanya menggunakan informasi yang didapat melalui indra penglihatan. Untuk dapat bernavigasi objek juga membutuhkan indra untuk mengetahui keadaan sekitarnya dengan menggunakan sensor. Sensor yang sering digunakan dalam sistem navigasi objek adalah sensor sentuh dan sensor jarak, tergantung pada kebutuhan dimana objek itu didesain untuk bekerja. Sedangkan sensor kamera masih jarang digunakan, karena informasi yang dihasilkan tidak dapat langsung digunakan [6].

Informasi yang dihasilkan dari sensor kamera harus diproses terlebih dahulu. Sedangkan pada umumnya objek hanya memiliki kemampuan pemrosesan yang sedikit/ terbatas. Dengan digunakannya sensor kamera, maka dapat diperoleh informasi berupa jarak, sudut, jenis objek, hingga kecepatan. Banyaknya informasi yang dapat diperoleh dari sensor ini membuat objek yang menggunakannya dapat beroperasi tidak hanya pada satu lingkungan. Untuk itu, pada penelitian ini akan dirancang sistem navigasi *virtual line* untuk di implementasikan pada sistem navigasi kapal. Dimana kapal akan bergerak sesuai dengan garis yang telah ditentukan oleh *user*, pada penelitian ini juga akan digunakan pengolahan citra untuk mendapatkan lokasi koordinat kapal dan data jarak sebagai acuan navigasi kapal, sehingga pengendalian kapal dapat dilakukan secara otomatis.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Kapal

Kapal adalah kendaraan pengangkut penumpang dan barang di laut (sungai dan sebagiannya) seperti halnya sampan atau perahu yang lebih kecil [7]. Bagian – bagian pada kapal ditunjukkan pada gbr.1.



Gbr. 1. Bagian – Bagian Kapal [8].

Pada gbr. 1. Bagian – bagian kapal terdiri dari 1. Smokestack atau Cerobong, 2. Buritan, 3. Propeler dan Kemudi, 4. Portside (sebelah kanan dikenal dengan nama starboard), 5. Jangkar, 6. Bulbous bow, 7. Haluan, 8. Geladak, 9. Anjungan. [8] .

Untuk menentukan arah, pada masa lalu kapal berlayar tidak jauh dari benua atau daratan. Namun sesuai dengan perkembangan akhirnya para awak kapal menggunakan bintang sebagai alat bantu navigasi dengan alat bantu berupa kompas dan astrolabe serta peta. Menjelang akhir abad ke-20, navigasi sangat dipermudah oleh *global positioning system* (GPS), yang memiliki ketelitian sangat tinggi dengan bantuan satelit.

### B. Pengolahan Citra

Citra diartikan secara harafiah adalah gambar pada bidang dwimatra (dua dimensi) yang disusun oleh banyak piksel yaitu bagian terkecil dari citra. Citra menyimpan informasi yang secara umum tersimpan dalam bentuk pemetaan bit-bit, atau sering dikenal dengan bitmap. Setiap bit-bit membentuk satu titik informasi yang dikenal dengan piksel. Atau dengan kata lain, satu piksel merupakan satu titik *image* yang terdiri dari satu atau beberapa bit informasi [9]. Satuan dari piksel biasanya dinyatakan dengan posisi x, posisi y dan nilai dari piksel (warna atau *gray*).

Pengolahan citra digunakan untuk memanipulasi sebuah citra sehingga diperoleh informasi-informasi yang terdapat pada citra tersebut. Informasi yang diperoleh dari hasil pengolahan citra antara lain adalah jumlah piksel, kedalaman warna, dan nilai *Red Green dan Blue* (RGB) pada sub piksel dari sebuah citra tersebut dan lain – lain. Informasi-informasi yang diperoleh tersebut biasanya digunakan untuk

membantu sebelum melanjutkan ke proses berikutnya.

Akusisi citra adalah tahap awal untuk mendapatkan citra digital. Tujuan akusisi citra adalah menentukan data yang diperlukan dan menentukan metode perekaman citra digital [10]. Hasil dari akusisi citra ini ditentukan oleh kemampuan sensor untuk mendigitalisasi sinyal. Kemampuan digitalisasi alat ditentukan oleh resolusi alat. Pada akusisi citra ini terdapat tiga macam sensor yang digunakan [11], yaitu sensor tunggal, sensor garis, dan sensor larik.

Citra asli disebut juga citra warna, citra asli terdiri dari kombinasi tiga warna dasar yaitu merah, hijau dan biru pada tiap pikselnya atau sering disebut juga citra RGB. Setiap warna memiliki intensitas sendiri dengan nilai maksimum 255. Citra berwarna direpresentasikan dalam beberapa kanal (*channel*) yang menyatakan komponen-komponen warna penyusunnya. Banyaknya kanal yang digunakan bergantung pada model warna yang digunakan pada citra tersebut. Misalnya untuk warna kuning yang merupakan perpaduan antara warna merah dan hijau sehingga RGBnya adalah 255 untuk warna merah, 255 untuk warna hijau dan 0 untuk warna biru [12]. Teknik pengolahan citra terdiri dari tiga yaitu yang pertama *image filtering* merupakan suatu proses dimana diambil sebagian sinyal dari frekuensi tertentu, dan membuang sinyal pada frekuensi yang lain [13] [14], teknik kedua adalah *image grayscale* yang merupakan proses pengolahan citra dengan cara mengubah nilai-nilai piksel awal citra menjadi sebuah citra keabuan, tujuan dari proses *grayscale* adalah untuk mereduksi matriks penyusun citra dari 3 matrik menjadi 1 matrik untuk mempermudah pemrosesan selanjutnya [15] [16]. Teknik yang ketiga adalah *thresholding* yang digunakan untuk mengatur jumlah derajat keabuan yang ada pada citra [17].

### C. Pengontrolan Berbasis Objek

*State chart* digunakan untuk menggambarkan suatu kondisi dari suatu sistem [18]. Pengontrolan berbasis *State chart* ini dibagi menjadi 2 bagian yaitu :

#### a. Thinking

Pada proses ini objek harus dapat mengenali posisinya dengan benar. Dimana sebelumnya objek akan dikondisikan dahulu sebelumnya, objek akan dikondisikan ada beberapa contoh *track*. Sehingga objek dapat mengenali dan mengetahui posisi *track* dengan benar. Pengenalan kondisi tersebut nantinya disimpan sebagai memori dari objek, setelah objek mengetahui posisinya maka kendali objek akan dilakukan dengan sederhana.

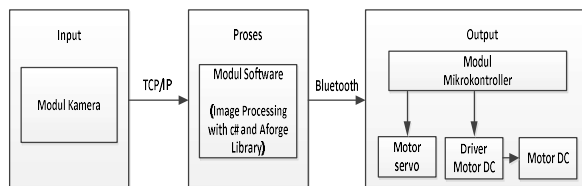
#### b. Drawing (and thinking)

Setelah memahami dan mengetahui posisi-posisi objek dan apa saja yang akan dilakukan oleh objek jika menghadapi masalah atau kondisi tertentu, maka selanjutnya kita akan memasuki proses

*drawing*. Dalam proses *drawing* akan digambarkan kondisi- kondisi dari posisi objek (*state*), dan perpindahan dari kondisi satu ke kondisi lainnya ditunjukkan dengan tanda panah dan juga disertai keterangan yang menyebabkan kondisi dari perpindahan posisi objek[11].

### III. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bagian metodologi penelitian ini, terdapat konsep perancangan yang merupakan desain dari sebuah sistem yang akan dirancang. Perancangan terbagi menjadi beberapa sub-sistem yang berkaitan dengan bentuk dari sistem yang dibuat. Perancangan terdiri dari bagian input, proses dan output. Pada bagian input terdapat modul kamera yang berfungsi untuk menangkap gambar dari robot kapal ketika berada di dalam arena percobaan. Konsep perancangan sistem ditunjukkan pada gbr.2.



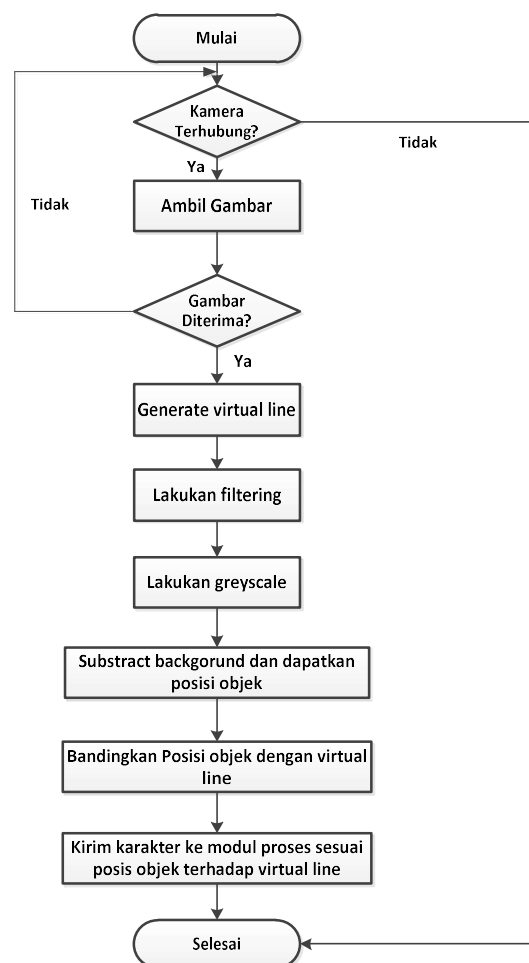
Gbr.2. Bagan perancangan sistem navigasi kapal

Pada bagian proses yang ditunjukkan pada gbr. 2. terdapat modul *software*, modul *software* inilah yang akan mengolah masukan yang berasal dari modul kamera. Berdasarkan citra yang didapat dari modul kamera, *software* akan memproses citra tersebut untuk mendapatkan posisi robot kapal dan mengukur jarak dari objek tersebut terhadap *virtual line* yang telah ditentukan selanjutnya akan mengirimkan perintah ke modul robot kapal. Pada bagian output, modul robot kapal akan menterjemahkan perintah yang diberikan oleh modul *software* kemudian akan mengatur arah baling – baling untuk bergerak sesuai posisi robot kapal terhadap garis *virtual line*.

#### A. Perancangan Software Sistem Navigasi Virtual Line Menggunakan State Chart

Pada penelitian ini, digunakan bahasa pemrograman C# untuk mengimplementasikan sistem navigasi virtual line menggunakan state chart pada *software*. *Software* ini digunakan untuk mengolah data masukan yang diterima dari kamera ke komputer secara *real time* yang berupa citra asli. Proses yang dilakukan oleh modul *software* ditunjukkan pada gbr.2. *Software* ini akan diinstall pada perangkat komputer/laptop dan akan menangkap beberapa gambar dalam satuan waktu tertentu untuk menghasilkan gambar yang bergerak (video). Citra yang ditangkap ditampilkan pada variabel *picturebox* yang berukuran 640 x 480 piksel.

*Virtual line* akan dihasilkan secara manual dengan menggambar garis pada *picturebox* pada posisi y tertentu. Pada penelitian ini digambar 3 buah garis *virtual* yang dinamakan dengan  $y_1$ ,  $y_b$  dan  $y_2$ . Garis tersebut dibuat secara sejajar yang akan membentuk sebuah jalur. Penentuan garis *virtual* disesuaikan dengan ukuran citra yang ditangkap kamera. Dikarenakan area percobaan berbentuk persegi panjang, dan posisi kamera berada diatas arena percobaan maka garis *virtual* diletakkan koordinat piksel y untuk memandu pergerakan kapal. Garis  $y_b$  digunakan sebagai pemandu agar robot kapal berada ditengah – tengah. Garis  $y_1$  berada pada posisi piksel  $y = 120$ , garis  $y_b$  berada pada posisi piksel  $y = 210$  sedangkan garis  $y_2$  berada pada posisi piksel  $y=300$ .



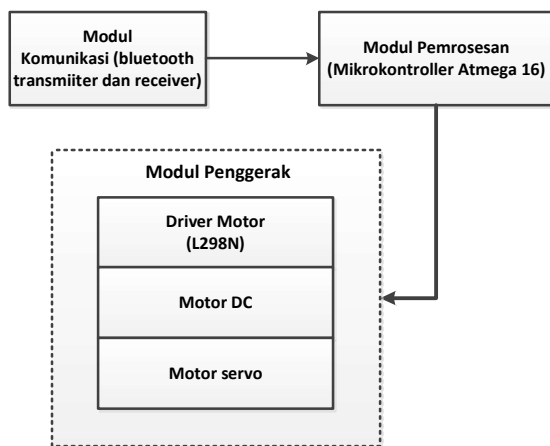
Gbr.3. Alur Proses pada Modul *Software*

*Software* dapat mengetahui posisi robot terhadap *virtual line* yang telah ditentukan. Pada penelitian ini untuk mengetahui posisi robot digunakan segmentasi warna pada marker yang terdapat pada robot. Warna yang digunakan untuk marker adalah warna merah. Proses segmentasi warna menggunakan metode *euclidian color vector*. Kemudian untuk mendeteksi objek digunakan data bitmap dan metode *lockbits* selanjutnya dilakukan proses *grayscale* untuk

mengunci posisi objek tersebut. variabel *blobcounter* digunakan untuk mendapatkan posisi objek yang terdeteksi. Posisi tersebut merupakan nilai koordinat objek yang terdeteksi. Nilai koordinat yang didapat dari modul *blobcounter* akan dibandingkan dengan nilai koordinat pada *virtual line* untuk menentukan posisi robot kapal terhadap *virtual line* yang akan digunakan untuk menentukan *state chart* dan menentukan pergerakan robot kapal.

### B. Perancangan Hardware Kapal

Kapal yang dibuat dalam penelitian ini terdiri dari tiga modul. Modul tersebut adalah modul pemrosesan, modul penggerak dan modul komunikasi. Bagan *hardware* kapal ditunjukkan oleh gbr.4.



Gbr. 4. Bagan Hardware Kapal

Modul komunikasi terdiri dari perangkat Bluetooth transmitter dan receiver. Bluetooth transmitter menggunakan Bluetooth build in pada PC sedangkan Bluetooth receiver menggunakan modul Bluetooth Hc-05. Modul Bluetooth digunakan sebagai media untuk mengirimkan data berupa karakter dari PC/laptop ke modul pemrosesan, dimana karakter tersebut akan diterjemahkan menjadi perintah untuk menggerakkan motor servo yang akan merubah arah baling – baling kapal.

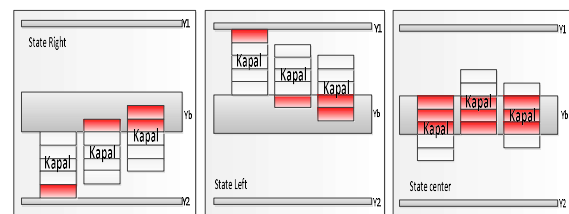
Modul penggerak terdiri dari tiga bagian yaitu, driver motor yang digunakan untuk menguatkan arus dari mikrokontroler ke motor dc agar motor dc dapat berputar, motor dc yang digunakan untuk memutar baling – baling dan motor servo untuk mengarahkan baling – baling agar robot kapal dapat bergerak ke arah yang diinginkan.

Modul kamera digunakan untuk mengcapture gambar posisi robot kapal ketika berada di dalam arena. Gambar tersebut akan diolah oleh modul *software* untuk mendapatkan posisi dari robot kapal tersebut terhadap *virtual line*. Modul kamera yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari kamera yang terdapat pada ponsel berbasis android yang diinstal software IP webcam untuk merubah kamera

pada ponsel berbasis android menjadi IP camera. Kemudian ponsel android dihubungkan dengan komputer melalui jaringan TCP/IP secara *wireless*.

### C. Perancangan Navigasi Kapal

Pada penelitian ini, dibuat sistem navigasi kapal dengan mengadopsi navigasi *wall following* seperti yang diterapkan pada mobile robot. *Virtual line* yang digambar pada *picturebox* akan membentuk jalur *virtual*. Robot kapal akan bergerak mengikuti bentuk jalur yang telah dibuat dengan *virtual line*. Alur diagram *state chart* ditunjukkan oleh gbr.4. sistem navigasi dirancang berdasarkan garis tepi kapal dengan *virtual line*. Pengendalian dilakukan agar kapal tetap berada diantara garis *virtual* yang telah ditentukan sebelumnya. Kamera akan mengetahui posisi kapal tergantung dimana posisi kapal diletakkan di arena *track*. Posisi dari objek tersebut akan terdeteksi di dalam *frame* yang terdapat di dalam *user interface* kendali kapal.



Gbr.5. Kemungkinan Posisi Robot tiap State

Pada gbr.5. ditunjukkan kemungkinan posisi dan gerak dari kapal. *State chart* pergerakan kapal dibagi menjadi 3 kondisi. kondisi pada tiap *state* nya mempunyai aksi yang berbeda, berikut merupakan kondisi-kondisi pada *state chart*:

#### a. State center

*State center* merupakan posisi dimana sebagian besar posisi objek berhimpit dengan posisi garis *virtual*  $y_b$ . Modul *software* akan mengirimkan perintah pada kapal untuk bergerak lurus. Pada penelitian ini robot akan dipandu untuk selalu berada diantara garis  $y_1$  dan  $y_2$ .

#### b. State right

*State right* merupakan kondisi dimana objek terdeteksi berada hanya sedikit berhimpit dengan piksel yang dimiliki oleh garis  $y_b$  atau posisi objek tidak berada diatas garis *virtual line* dan ada salah satu piksel pada objek yang menyentuh garis  $y_2$ . Modul *software* akan memberikan perintah pada kapal untuk bergerak ke kiri.

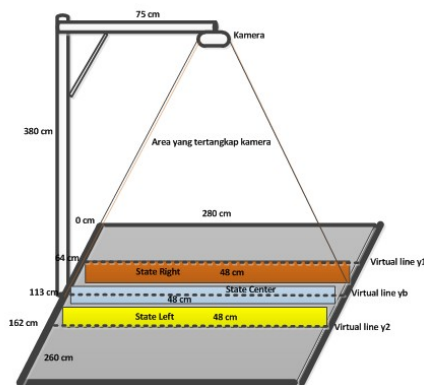
#### c. State left

*State left* merupakan kondisi dimana objek terdeteksi berada hanya sedikit berhimpit dengan piksel yang dimiliki oleh garis  $y_b$  atau posisi objek tidak berada diatas garis *virtual line* dan ada salah satu piksel pada objek yang menyentuh garis  $y_1$ . Modul *software* akan memberikan perintah pada kapal untuk bergerak ke kanan.



#### D. Perancangan Arena Percobaan

Pada tugas akhir ini, arena percobaan yang digunakan untuk menguji sistem navigasi kapal menggunakan virtual line dengan metode state chart adalah sebuah kolam yang berada di luar ruangan. Ukuran arena kolam percobaan disesuaikan dengan daya tangkap gambar dari IP camera yang digunakan. Pada penelitian ini kamera mengambil gambar secara landscape. Ukuran arena yang mampu ditangkap oleh IP camera berukuran 260 cm x 280 cm. Pada sisi kolam terdapat tiang untuk meletakkan IP camera. Ilustrasi arena percobaan ditunjukkan pada gbr. 6.



Gbr.6. Ilustrasi Arena Percobaan

Pada gbr.6. dapat dilihat terdapat tiga buah garis virtual yaitu y1, yb dan y2 virtual dimana garis virtual tersebut membentuk sebuah jalur. Keadaan – keadaan (state) posisi kapal yang didefinisikan dalam state chart digambarkan pada area yang berwarna jingga untuk state right, warna biru untuk state center dan warna kuning untuk state left. Lebar masing – masing area state adalah sebesar 90 piksel atau sebesar 48 cm (sesuai dengan daya tangkap kamera).

#### IV. HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA

Pengujian dilakukan dengan meletakkan kapal pada lingkungan percobaan. Lingkungan percobaan merupakan kolam buatan yang berukuran 3 x 4 m dengan kedalaman 40 cm. Namun yang menjadi arena percobaan hanya area yang tertangkap kamera saja yaitu 260 x 280 cm. Kemudian akan dilihat data pergerakan robot kapal dan kemudian akan menghitung simpangan yang terjadi antara posisi kapal dengan garis virtual yb data simpangan pergerakan tersebut akan dianalisa kemudian akan disimpulkan kinerja dari sistem yang telah dibangun berdasarkan hasil percobaan.

##### A. Pengujian Sistem Navigasi Kapal Dengan Menggunakan Statechart

Pengujian sistem navigasi kapal dilakukan beberapa kali untuk mengukur kesalahan yang muncul pada sistem navigasi kapal dengan menggunakan virtual line berbasis statechart yang

telah dirancang. Pengujian dilakukan diluar ruangan. Kapal akan diuji untuk melihat sistem navigasinya apakah dapat bergerak sesuai jalur yang telah ditentukan. Pada bab sebelumnya, telah dijelaskan bahwa pada penelitian ini terdapat tiga buah virtual line seperti yang ditunjukkan pada gbr.5. yang membentuk jalur virtual. Ketiga virtual line tersebut adalah Y1 dengan koordinat piksel y = 120 yang ditunjukkan dengan warna hijau, Yb dengan koordinat piksel y = 210 yang ditunjukkan dengan warna hijau, dan Y2 dengan koordinat piksel y = 300 yang ditunjukkan dengan warna kuning.

Sistem navigasi dirancang untuk menjaga posisi kapal agar selalu berada di tengah – tengah jalur virtual atau tepat berada pada garis Yb. Nilai error akan dihitung berdasarkan selisih antara koordinat y dari kapal yang terdeteksi pada frame kamera di perangkat lunak dengan koordinat y garis Yb. Kemudian akan dihitung persentase errornya dengan menggunakan persamaan 1.

$$\delta = \frac{Y_{target} - Y_{objek}}{Y_{target}} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana,  $\delta$  merupakan persentase error,  $Y_{target}$  yang merupakan koordinat y garis Yb, dan  $Y_{objek}$  yang merupakan koordinat y objek (kapal).

Selanjutnya akan dihitung rata – rata persentase kesalahan pada tiap – tiap posisi kapal pada suatu percobaan dengan menggunakan persamaan statistika sederhana yang ditunjukkan pada persamaan 2.

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} \quad (2)$$

Dimana,  $\bar{X}$  merupakan nilai rata – rata percobaan,  $\sum x$  adalah jumlah seluruh nilai error pada suatu percobaan, dan n adalah banyaknya data pada suatu percobaan.

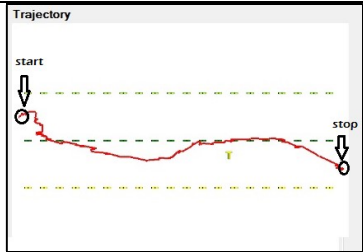
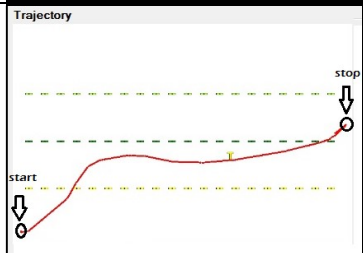
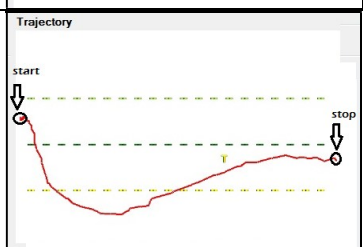
Percobaan dilakukan dengan meletakkan kapal pada koordinat x = 0 pada citra tampilan area tangkap kamera. Seperti yang ditunjukkan pada gbr.7.

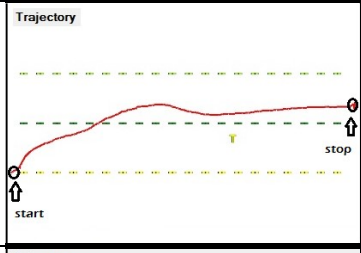
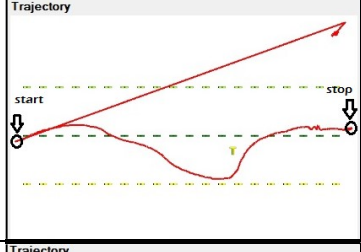



Gbr.7. Jalur Virtual Percobaan

Sesuai dengan area tangkap kamera maka ukuran arena percobaan adalah 2,6 m x 2,8 m. Area percobaan yang ditangkap kamera ditampilkan pada kotak citra dengan ukuran 640 x 480 piksel. Pada gbr.7. dapat dilihat jalur virtual percobaan yang dibangun dengan virtual line. Garis hijau menunjukkan titik start sebagai titik permulaan kapal bergerak dimana garis tersebut memiliki koordinat piksel  $x = 0$ . Sedangkan garis hitam menunjukkan titik stop dimana kapal akan berhenti apabila mencapai titik tersebut. titik stop tersebut memiliki koordinat piksel  $x = 640$ . Pengujian pertama dilakukan dengan meletakkan kapal pada posisi awal berada diatas garis Yb, sedangkan pada pengujian kedua dilakukan dengan meletakkan kapal pada posisi awal berada dibawah garis Yb. Pada pengujian ketiga, kapal kembali diletakkan pada posisi koordinat diatas garis Yb, sedangkan pada pengujian keempat, posisi awal kapal kembali diletakkan pada koordinat y dibawah garis Yb. Pada pengujian kelima, kapal diletakkan pada posisi awal tepat pada koordinat garis Yb, dan pada pengujian keenam, posisi awal kapal kembali diletakkan pada koordinat tepat pada koordinat garis Yb. Hasil trajectory pergerakan kapal pada tiap – tiap pengujian ditunjukkan pada tabel 1.

TABLE I. HASIL TRAJECTORY PERGERAKAN KAPAL PADA TIAP – TIAP PENGUJIAN

Pengujian	Hasil Trajectory
Pengujian Pertama	
Pengujian Kedua	
Pengujian Ketiga	

Pengujian Keempat	
Pengujian Kelima	
Pengujian Keenam	

Faktor *noise* warna sekitar juga berpengaruh pada pergerakan kapal. Pada penelitian ini kapal ditandai berdasarkan warna. Warna yang digunakan sebagai tanda untuk mengenali kapal adalah warna putih. Sering kali terdeteksi objek lain yaitu bayangan awan dan objek yang terkena sinar matahari dikarenakan memiliki nilai intensitas warna yang hampir mirip dengan warna dari objek kapal yaitu putih.

Pada pengujian kelima terdapat garis miring yang terjadi dikarenakan *noise* warna, pada pengujian tersebut sempat terdeteksi bayangan awan sebagai objek yang terdapat pada ujung kotak citra pada frame kamera. Sehingga perintah yang diberikan tidak sesuai dengan posisi kapal sebenarnya sehingga kapal tidak bergerak sesuai dengan posisi statechart yang tepat.

### B. Analisa Hasil Pengujian

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, nilai rata – rata kesalahan dari seluruh pengujian dapat dilihat pada table 2.

TABLE II. PRESENTASE KESALAHAN RATA – RATA PADA PENGUJIAN

Pengujian Ke-	Persentase Kesalahan Rata - Rata
Pengujian pertama	22.65%
Pengujian kedua	22.32%
Pengujian ketiga	25.29%
Pengujian keempat	16.81%
Pengujian kelima	15.28%
Pengujian keenam	10.78%

Dengan menggunakan persamaan 2 maka nilai persentase rata – rata kesalahan dari semua pengujian adalah 18.85%. Kesalahan pergerakan kapal pada pengujian disebabkan oleh beberapa hal yaitu angin dan noise warna yang ada disekitar lingkungan percobaan. Pada pengujian pertama sampai keempat, memiliki nilai error yang lebih tinggi dibandingkan pada pengujian kelima dan keenam. Hal ini disebabkan pada pengujian pertama sampai keempat posisi awal kapal diletakkan diatas dan dibawah garis Yb yang menjadi acuan pergerakan sehingga kapal membutuhkan waktu beberapa saat untuk menyesuaikan posisi dengan garis Yb. Sedangkan pada pengujian kelima dan keenam posisi awal kapal diletakkan pada garis Yb sehingga kapal hanya perlu menjaga posisinya agar tetap berada pada garis tersebut.

Faktor angin berpengaruh pada arah gerak kapal. Hal ini dikarenakan dari rancangan kapal itu sendiri. Pada penelitian ini kapal digerakkan dengan bantuan baling – baling yang berada diatas kapal seperti yang terlihat pengujian kelima pada tabel 1. Baling – baling inilah yang mendorong kapal maju. Angin akan mempengaruhi kecepatan baling – baling sehingga berpengaruh pada arah kapal.

#### V. KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengujian dan menganalisa hasil pengujian yang didapat, maka dapat disimpulkan bahwa Sistem navigasi virtual line pada kapal dengan menggunakan metode state chart yang dikembangkan pada penelitian ini dapat mengendalikan kapal sesuai dengan statechart yang telah ditentukan. Hal ini ditunjukkan dari rata – rata persentase kesalahan sebesar 18.85% atau tingkat akurasi sebesar 81.14%.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada laboratorium automasi dan industri jurusan Sistem Komputer Universitas Sriwijaya dan laboratorium robotika jurusan Sistem Komputer Universitas Indo Global Mandiri Palembang.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Fawzia, F. Azhar, A. K. Ningsih, K. Devianto, M. N. Fattah, and U. G. Mada, 2014. Si-penyu: *Sistem Pengelolaan Kelautan Berupa USV Semi- Automatic Pendeteksi Minyak dan Ikan*, Program Kreativitas Mahasiswa-Karsa Cipta, pp. 1-4,
- [2] D. Hubla, 2007. *Rekap Data Kecelakaan Laut KNKT*.
- [3] H. Setiawan, M. D. Rachman, G. D. Yara, A. Aprillianti, and S. Amanda, 2014. *TEKWAN (Teknologi Wireless Automatic Nakhoda) For Ship*, Program Kreativitas Mahasiswa-Karsa Cipta, pp. 1-6.
- [4] A. S. Taufik, 2013. *Sistem Navigasi Waypoint Pada Autonomous Mobile Robot*, Jurnal Mahasiswa TEUB, vol. 1, no. 1, pp. 1-6.
- [5] A. Akbar, 2013. *Implementasi Sistem Navigasi Wall Following Menggunakan Kontroler PID dengan Metode Tuning pada Robot Kontes Robot Cerdas Indonesia (KRCI)*. Divisi Senior, Jurnal Mahasiswa TEUB, vol.V, pp.7-11
- [6] L. Warasih H, 2008. *Perancangan Mobile Robot Dengan Sensor Kamera Menggunakan Sistem Kendali Fuzzy*, skripsi. Teknik Elektro. Universitas Indonesia.
- [7] D. Pendidikan, KBBI. 2002. Jakarta: Balai Pustaka.
- [8] F. P. T. Pangalila, 2011. *Stabilitas Statis Kapal Pole and Line KM Aldeis di Pelabuhan Perikanan Aertembaga Bitung Sulawesi Utara*, jurnal perikanan dan kelautan tropis, vol. VII-1, pp. 21-26.
- [9] M. Rahman and S. Wasista, 2010. *Sistem Pengenalan Wajah Menggunakan Webcam Untuk Absensi Dengan Metode Template Matching*, EEPIS Final Project, vol.II, pp. 1-6.
- [10] D. Putra, 2010. *Pengolahan Citra Digital*. Jogjakarta: Penerbit Andi.
- [11] A. Agustina, 2014. Penerapan Statechart Melalui Pergerakan Robot Dengan Fitur Webcam Sebagai Media Pembelajaran Untuk Anak-anak, Tugas Akhir. sistem Komputer. Universitas Sriwijaya.
- [12] [R. Eka, 2012. *Implementasi Pembesaran Citra Menggunakan Metode Error-Amended Sharp Edge (EASE)*, Jurnal Iptek, vol.XII, no. 2.
- [13] [G. Saselah, W. Weku, and L. Latumakulita, 2013. *Perbaikan Citra Digital dengan Menggunakan Filtering Technique dan Similarity Measurement*, de CARTESIAN, vol. II, no. 2, pp. 1-9.
- [14] T. F. Syamsiar, E. Puspita, and B. N. Iman, 2009. *Sistem Identifikasi Scan Iris Mata Menggunakan Metode JST Propagasi Balik Untuk Aplikasi Sistem Pengamanan Brankas*, PENS-ITS, vol.III, no.1, pp 17-21.
- [15] F. Rozy, R. Isnanto, and A. A. Zahra, 2014. *Sistem Pengenalan Garis Utama Telapak Tangan Menggunakan Metode Principal Component Analysis (PCA) dan Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik*, TRANSIENT, vol.III, no. 2, pp. 146-149.
- [16] A. Basuki and J. F. F. Palandi, 2005. *Pengolahan Citra Digital Menggunakan Visual Basic*. Jogjakarta: Graha Ilmu.
- [17] M. Siahaan, 2009. *Implementasi Segmentasi Citra Menggunakan Metode Graphy yang Efisien*, Departemen Matematika, Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sumatera Utara.
- [18] P. Sulistyorini, 2009. *Pemodelan Visual dengan Menggunakan UML dan Rational Rose*, Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK, vol. XIV, no. 1, pp. 23-29.